

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-082864

(43)Date of publication of application : 21.03.2000

(51)Int.Cl. H01S 5/30
G02B 5/18

(21)Application number : 10-
250866

(71)Applicant : NIPPON TELEGR &
TELEPH CORP
<NTT>
TOKAI UNIV

(22)Date of filing :

04.09.1998

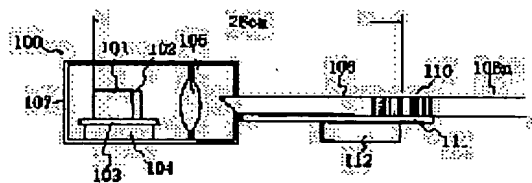
(72)Inventor : TOBA HIROSHI
SUZUKI YASUHIRO
MIKAMI OSAMU
YAMADA KAZUNORI

(54) LASER DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To more easily adjust the oscillation wavelength of a semiconductor laser to a desired value with accuracy.

SOLUTION: In an external resonator type laser using a semiconductor laser 101, an optical fiber 106 and an FG constituting an external resonator are arranged on a temperature control section 112 through a sub-mount 111. The oscillation wavelength of the semiconductor laser 101 changes without causing any mode hopping in accordance with the temperatures of the optical fiber 106 and FG 110, which are controlled by means of the temperature control section 112 while the laser 101 is maintained at a fixed temperature.



BEST AVAILABLE COPY

LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 16.01.2002
[Date of sending the examiner's decision of rejection] 06.07.2004
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]
[Date of final disposal for application]
[Patent number]
[Date of registration]
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]
[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-82864

(P2000-82864A)

(43) 公開日 平成12年3月21日(2000.3.21)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード*(参考)
H 0 1 S 5/30		H 0 1 S 3/18	2 H 0 4 9
G 0 2 B 5/18		G 0 2 B 5/18	5 F 0 7 3

審査請求 未請求 請求項の数5 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平10-250866

(22) 出願日 平成10年9月4日(1998.9.4)

特許法第30条第1項適用申請有り 1998年3月6日 社
団法人電子情報通信学会発行の「1998年電子情報通信学
会総合大会講演論文集エレクトロニクス1」に発表

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区大手町二丁目3番1号

(71) 出願人 000125369

学校法人東海大学

東京都渋谷区富ヶ谷2丁目28番4号

(72) 発明者 鳥羽 弘

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本

電信電話株式会社内

(74) 代理人 100064621

弁理士 山川 政樹

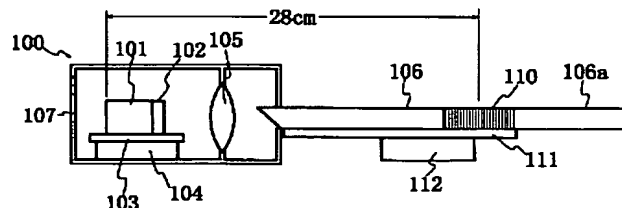
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 レーザ装置

(57) 【要約】

【課題】 半導体レーザの発振波長を、より容易に精度
良く所望の値とできるようにする。

【解決手段】 半導体レーザ101による外部共振器型
レーザにおいて、光ファイバ106と外部共振器を構成
するFG110とは、サブマウント111を介して温度
制御部112上に配置される。そして、半導体レーザ1
01は温度一定にされた状態で、温度制御部112によ
る光ファイバ106とFG110との温度制御状態にと
もなってモードホップのない状態で発振波長が変化す
る。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 光導波方向の一端に反射防止膜が形成されて所望とする第1の温度に制御された半導体レーザと、

その半導体レーザの前記反射防止膜形成面側に光入射端面が配置されてその反射防止膜より出射される光に結合して所望とする第2の温度に制御された光ファイバと、その光ファイバの光出射端面に結合して配置されて前記第2の温度に制御された特定の波長のみを選択的に反射するファイバグレーティングとを備え、

前記ファイバグレーティングで外部共振器が構成され、前記第1の温度は一定とされた状態で前記第2の温度にともなって変化する任意の波長のレーザ光が出力されることを特徴とするレーザ装置。

【請求項2】 請求項1記載のレーザ装置において、前記半導体レーザの温度を制御する第1の温度制御手段と、

前記光ファイバをおよび前記ファイバグレーティングの温度を制御する第2の温度制御手段とを備えたことを特徴とするレーザ装置。

【請求項3】 光導波方向の一端に反射防止膜が形成された半導体レーザと、

その半導体レーザを所望とする温度に制御する第1の温度制御手段と、

前記半導体レーザの前記反射防止膜形成面側に光入射端面が配置されてその反射防止膜より出射される光に結合した光ファイバと、

その光ファイバの光出射端面に結合して配置されて特定の波長のみを選択的に反射するファイバグレーティングと、

前記光ファイバおよび前記ファイバグレーティングを所望とする温度に制御する第2の温度制御手段とを備え、前記ファイバグレーティングで外部共振器が構成され、前記第1の温度制御手段が温度一定に制御した状態で前記第2の温度制御手段の温度制御状態にともなって変化する任意の波長のレーザが出力されることを特徴とするレーザ装置。

【請求項4】 請求項1～3いずれか1項記載のレーザ装置において、

前記反射防止膜形成面より出射した光を前記光ファイバに結合するための結合レンズが前記半導体レーザの反射防止膜形成面と前記光ファイバの前記光入射端面との間に配置されたことを特徴とするレーザ装置。

【請求項5】 請求項1～3いずれか1項記載のレーザ装置において、

前記半導体レーザは、前記反射防止膜形成面側に射出する光のスポットサイズを大きくする変換器を備えたことを特徴とするレーザ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 この発明は、コヒーレント光通信や光波長多重通信、および光計測などに利用される外部共振器型レーザを用いたレーザ装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 コヒーレント光通信や光多重通信および波長に関連した光計測では、発振波長を精密に制御しながら変化させる必要がある。特に、用途によっては、スペクトル線幅を数10kHz程度以下に制御しつつ、所定の発振波長に設定する必要がある（文献：Kouji Kikushima, Ko-ich Suto, Hiroshi Nakamoto, Hisao Yoshinaga, Chisei Kishimoto, Masami Kawabe, Kiyomi Kumozaki, and Nori Shibata "Super-wide-band optical systems", IEEE Photonics Technologies Letters, Vol. 8, no. 6, pp. 839-841, 1996）。従来、発振波長を精密に制御することのできる光源としては、上記の文献に記載されている狭スペクトル線幅を有する半導体DFBレーザが使用されている。この半導体DFBレーザの発振波長は、温度とバイアス電流とを制御することで所望とする値にしている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、その半導体DFBレーザの発振波長を所定の値に制御するためには、まず、製造上の歩留りが問題となる。その半導体DFBレーザでは、活性層を構成している膜厚や幅、また、DFBレーザのブラッググレーティングの形状が変化すると、出力するレーザ光の波長が変化するので、所望とする発振波長のものを製造するのが難しい。また、その半導体DFBレーザの発振波長は、温度によって制御はできるが、温度によって変化しやすく、その温度依存性は0.1nm/°Cである。このため、0.01nm程度以下の高精度な波長制御のもとに、所望の発振波長とするためには、0.1°C以下の高精度な温度制御が必要であった。

【0004】 この発明は、以上のような問題点を解消するためになされたものであり、レーザの発振波長を、より容易に精度良く所望の値とできるようにすることを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】 この発明のレーザ装置は、光導波方向の一端に反射防止膜が形成されて所望とする第1の温度に制御された半導体レーザと、その半導体レーザの反射防止膜形成面側に光入射端面が配置されてその反射防止膜より出射される光に結合して所望とする第2の温度に制御された光ファイバと、その光ファイバの光出射端面に結合して配置されてやはり第2の温度に制御された特定の波長のみを選択的に反射するファイバグレーティングとを備え、ファイバグレーティングで外部共振器が構成され、第1の温度は一定とされた状態で第2の温度にともなって変化する任意の波長のレーザ光が出力されるようにした。このように構成したので、

半導体レーザの温度を固定して、光ファイバとファイバグレーティングの温度を変化させることで、発振するレーザ光の波長はモードホップのない状態で変化する。また、この発明のレーザ装置は、光導波方向の一端に反射防止膜が形成された半導体レーザと、その半導体レーザを所望とする温度に制御する第1の温度制御手段と、半導体レーザの反射防止膜形成面側に光入射端面が配置されてその反射防止膜より出射される光に結合した光ファイバと、その光ファイバの光出射端面に結合して配置されて特定の波長のみを選択的に反射するファイバグレーティングと、光ファイバおよびファイバグレーティングを所望とする温度に制御する第2の温度制御手段とを備え、ファイバグレーティングで外部共振器が構成され、第1の温度制御手段が温度一定に制御した状態で第2の温度制御手段の温度制御状態にともなって変化する任意の波長のレーザが出力されるようにした。このように構成したので、第1の温度制御手段により半導体レーザの温度を固定した状態で、第2の温度制御手段により光ファイバとファイバグレーティングの温度を変化させることで、発振するレーザ光の波長はモードホップのない状態

【0006】

【発明の実施の形態】以下この発明の実施の形態を図を参照して説明する。

実施の形態1

図1は、この発明の第1の実施の形態におけるレーザ装置の構成を示す構成図である。このレーザ装置は、まず、次に示す部分から構成されたレーザモジュール100を備えている。まず、例えば、発振波長1.5 μ m帯の半導体レーザ101を備えている。この半導体レーザ101は、例えば、InGaAsP/InP系の化合物半導体から各層を構成し、活性層に圧縮比が1%程度である厚さ6nmのInGaAsPからなる井戸層と、厚さ10nmのInGaAsPからなるバリア層とが8組重ねられた多重量子井戸構造の、素子長300 μ mの半導体レーザを用いればよい。そして、この半導体レーザ101は、その一方の端面に反射防止膜102が形成されている。なお、1.3 μ m帯など他の発振波長の半導体レーザを用いるようにしても良い。

【0007】また、その半導体レーザ101は、サブマウント103を介して温度制御部104上に配置されている。この温度制御部104は、半導体レーザ101を、例えば、室温25℃程度に一定に制御する。この実施の形態1では、温度制御部104をペルチェ素子から構成した。また、半導体レーザ101の反射防止膜102形成面側には結合用レンズ105が配置されている。

【0008】また、以上のように構成されたレーザモジュール100の結合用レンズ105外側には、光ファイバ106が、その先端を結合用レンズ105方向に向けて配置されている。この先端は斜めに切断されることに

より、光が入射する面が、半導体レーザ101方向に垂直とならないようにしている。このようにすることで、半導体レーザ101からの光が、その光ファイバ106端面で反射し、半導体レーザ101に戻らないようにしている。

【0009】また、その光ファイバ106の他端に、光ファイバ106と同一材料からなるファイバグレーティング(Fiber Grating: FG)110を融着して備えるようにした。このFG110は、例えば、光ファイバ106と同一の光ファイバのコアに周期的な屈折率変調を形成したものである。すなわち、光ファイバ長手方向に膨大な数のグレーティング層を形成したものであり、特定波長(Bragg波長)の光のみを反射する光フィルタとして機能する。ここで、FG110の反射率は10%とし、その反射する波長の帯域幅は0.1nmである。なお、FG110の先端には、光ファイバ106aが融着されて延在している。

【0010】そして、この実施の形態1では、その光ファイバ106とFG110も、サブマウント111を介して温度制御部112上に配置されているようにした。ここでは、その温度制御部112は、光ファイバ106とFG110の温度を変化させるように制御する。そして、その温度制御部112の温度制御により、光ファイバ106aに得られるレーザの波長制御を行うようにした。なお、温度制御部112は、ペルチェ素子から構成した。

【0011】そのレーザ装置では、半導体レーザ101の反射防止膜102形成面から出射された光は、結合用レンズ105を通して光ファイバ106に結合される。その光ファイバ106に結合された光パワーの一部はFG110により反射され、半導体レーザ101の反射防止膜102が形成されていない面で再び反射される。このように、半導体レーザ101の反射防止膜102が形成されていない面と、FG110との間で、外部共振器が構成されている。ここで、この実施の形態1では、その共振器長を28cmとした。

【0012】ここで、そのレーザ装置の電流-出力特性(a)とスペクトル特性(b)とを図2に示す。まず、このレーザ装置は、しきい値電流28mAでレーザ発振を始めた。また、供給した電流が~100mAの範囲において、レーザ出力が変動するなどのキックのない良好な状態のレーザ発振が得られた。これは、半導体レーザ101において、反射防止膜102形成面などにおいて、不要な反射がほとんど発生していないことを示している。また、このときの微分効率は0.2(mW/mA)であった。また、発振波長は、1552.4nmであり、サイドモード抑圧比が50dB以下のシングルモード発振が得られた。

【0013】上述したようなFGを用いた外部共振器型レーザの発振波長は、FGと半導体レーザ後端面との光

路長（共振器長）で決定される共振器縦モードの1つを、FGの反射率の波長選択性におけるピーク波長 λ_{FG} で選択することにより決定される。FGはブラッグ反射条件に当てはまる波長のみを反射する特性があり、これはその特性を用いたものである。このようなFGの特性を利用し、これを外部共振器として用いた。そして、この実施の形態1では、前述した温度制御部104により半導体レーザ101を一定温度に制御し、FG110の温度を温度制御部112で変化させるようにした。この結果、この実施の形態1の半導体レーザは、温度制御部112によるFG110の温度制御により、光ファイバ106aに得られるレーザの発振波長を、モードホップのない状態で精密に制御できる。

【0014】半導体レーザでは、温度を変化させると発振波長が変化する。ここで、半導体レーザ101部分の温度 T_a 、光倍が106からFG110までの部分の温度 T_f とし、次の条件でレーザ出力の測定を行った。まず、第1の条件としては、 T_a を25℃に一定とし、 T_f を10～30℃の範囲で変化させる。第2の条件としては、 T_a および T_f を同時に10～30℃の範囲で変化させる。第3の条件としては、 T_a を10～30℃の範囲で変化させ、 T_f 25℃に一定とする。

【0015】この測定結果を図3に示す。図3では、黒丸が第1の条件の結果を示し、「×」が第2の条件の結果を示し、「+」が第3の条件の結果を示している。半導体レーザ101とFG110に同時に温度変化を与える第2の条件では、数℃毎に波長が不連続に変化するモードホップが観測される。また、FG110に温度変化を与えていない第3の条件では、波長変化量が小さく、かつモードホップに基づく波長不連続点が存在している。一方、半導体レーザ101に温度変化を与えずに、FG110に温度変化を与えた第1の条件では、不連続に波長が変化するモードホップがなく、温度変化に対してほぼリニアな波長変化が得られている。さらに、波長変化量は、約0.013nm/℃であり、DFBレーザの波長変化の温度依存性（約0.1nm/℃）と比較して一桁小さく、高精度な波長制御が可能であることがわかる。

【0016】ここで、外部共振器型レーザの発振波長の温度依存性について考察する。まず、FGを用いた外部共振器型レーザの発振波長は、FGと半導体レーザ後端面との光路長で決定される共振器縦モードの1つを、FGの反射率の波長選択特性におけるピーク波長 λ_{FG} で選択することにより決定される。ここで、半導体レーザ101部分の温度 T_a を T_1 から T_2 に変化させた場合における、半導体レーザ101部分の光路長変化にともなう波長変化を $\Delta\lambda_a$ とする。また、光ファイバ106からFG110までの部分の温度 T_f を、それぞれ T_1 から T_2 に変化させた場合、それらの光路長変化にともなう波長変化を $\Delta\lambda_f$ とする。

【0017】さらに、温度 T_a を T_1 から T_2 に変化させた場合における、FG110の反射ピーク波長 λ_{FG} の変化を $\Delta\lambda_{FG}$ とする。なお、上述の場合、 $T_1 = 10^\circ\text{C}$ 、 $T_2 = 30^\circ\text{C}$ である。このとき、 $\Delta\lambda_a$ および $\Delta\lambda_{FG}$ は、光ファイバ106およびFG110を構成しているファイバ材質の屈折率の温度依存性により決定される。従って、この実施の形態1において、光ファイバ106とFG110とは同一材料なので、 $\Delta\lambda_f = \Delta\lambda_{FG}$ が成立する。そして、レーザ発振した m 番目の外部共振器縦モード（波長 λ_m ）の波長変化量を $\Delta\lambda_m$ とすると、 $\Delta\lambda_m = \Delta\lambda_a + \Delta\lambda_f$ となる。

【0018】ここで、図4(a)に、半導体レーザ101部分の温度 T_a を一定とし、光ファイバ106からFG110までの部分の温度 T_f を変化させた場合について示す。これは、前述の第1の条件である。この場合、FG110の反射ピーク波長が、温度変化にともなって破線で示す λ_{FG} から実線で示す $\lambda_{FG} + \Delta\lambda_{FG}$ に変化する。そして、同時に、外部共振器縦モード m の波長は、破線のピークで示す λ_m から黒く塗りつぶしたピークで示す $\lambda_m + \Delta\lambda_m$ に変化する。ここで、半導体レーザ101においては波長変化がないので $\Delta\lambda_a = 0$ であり、外部共振器縦モード m の波長 λ_m の変化は、 $\Delta\lambda_m = \Delta\lambda_f$ となる。そして、この共振器縦モード m の波長変化 $\Delta\lambda_m$ は、前述したように、 $\Delta\lambda_f = \Delta\lambda_{FG}$ なので、FG110の反射ピーク波長の変化 $\Delta\lambda_{FG}$ とほぼ一致する。

【0019】すなわち、温度変化にともなって変化した、「FG110の反射ピーク波長 $\lambda_{FG} + \Delta\lambda_{FG}$ 」と「外部共振器縦モード m の波長 $\lambda_m + \Delta\lambda_m$ 」とが等しくなる。この結果、上述した第1の条件においては、外部共振器であるFG110より射出するレーザは縦モード m のままであり、モードホップをとまわずにその波長を λ_m から $\lambda_m + \Delta\lambda_m$ まで変化させられることになる。従って、その第1の条件では、モードホップをとまわらないので、温度変化に対応して連続的に発振長を変化させることができる。

【0020】つぎに、図4(b)に、半導体レーザ101部分の温度 T_a と、光ファイバ106からFG110までの部分の温度 T_f を同時に変化させた場合について示す。これは、前述の第2の条件である。この場合、FG110の反射ピーク波長が、温度変化にともなって破線で示す λ_{FG} から実線で示す $\lambda_{FG} + \Delta\lambda_{FG}$ に変化する。そして、同時に、外部共振器縦モード m の波長は、破線のピークで示す λ_m から黒く塗りつぶしたピークで示す $\lambda_m + \Delta\lambda_m$ に変化する。しかしこの場合、半導体レーザ101においても波長変化が起こるので、外部共振器縦モード m の波長 λ_m の変化は、 $\Delta\lambda_m = \Delta\lambda_f + \Delta\lambda_a$ となる。すなわち、この場合、この共振器縦モード m の波長変化 $\Delta\lambda_m$ は、FG110の反射ピーク波長の変化 $\Delta\lambda_{FG}$ に一致しない。

【0021】従って、この場合は、温度変化にともなうて変化した、「FG110の反射ピーク波長 $\lambda_{FG} + \Delta\lambda_{FG}$ 」と「外部共振器縦モードmの波長 $\lambda_m + \Delta\lambda_m$ 」とが等しくならない。そして、「FG110の反射ピーク波長 $\lambda_{FG} + \Delta\lambda_{FG}$ 」は、モードが異なる「外部共振器縦モードm-1の波長 $\lambda_{m-1} + \Delta\lambda_m$ 」に等しくなり、異なるモードのレーザ発振となる。この結果、この場合、すなわち前述した第2の条件の場合、図3の「×」に示すように、温度を変化させることにより発振波長が変化していく中で、モードホップが起こることになる。この結果、温度変化に対応して不連続に発振波長が変化することになるので、この第2の条件に場合では、精密な波長制御ができない。

【0022】次に、図4(c)に、半導体レーザ101部分の温度 T_a の温度 T_f を変化させ、光ファイバ106からFG110までの部分の温度 T_f を一定にした場合について示す。これは、前述の第3の条件である。この場合、FG110の反射ピーク波長は、温度変化がないので、破線で示す反射スペクトルも実線で示す反射スペクトルも、そのピークは λ_{FG} と変化しない。一方で、外部共振器縦モードmの波長は、破線のピークで示す λ_m から黒く塗りつぶしたピークで示す $\lambda_m + \Delta\lambda_m$ に変化する。この場合、半導体レーザ101において波長変

$$\delta\lambda = \{ (\Delta n_a \cdot L_a) / (n_a \cdot L_a + n_f \cdot L_f) \Delta T_a + (\Delta n_f \cdot L_f) / (n_a \cdot L_a + n_f \cdot L_f) \Delta T_f + (\Delta n_f) / (n_f) \Delta T_f \} \cdot \lambda_0 \quad \dots (1)$$

ここで、 λ_0 は初期状態の発振波長、 ΔT_a は半導体レーザ101（レーザの活性領域）における温度変化量、 ΔT_f はFG110における温度変化量、 n_a は半導体レーザ101の屈折率、 n_f はFG110の屈折率、そして、 Δn_a は半導体レーザ101の温度による屈折率変化量、 Δn_f はFG110の温度による屈折率変化量である。また、 L_a は半導体レーザ101における光路長、 L_f は光ファイバ106における光路長である。

【0025】ここで、前述した第1の条件において、すなわち、 $\Delta T_a = 0$ 、 $\Delta T_f = 20$ の時は、その式

(1)を満たす ΔT_f と Δn_f は互いに異符号となる。FGの屈折率の変化量が温度の変化量と異符号であることは物理的に存在しない。従って、前述した第1の条件においては、モードホップを起こす状態となる式(1)を満たす解が存在しないことになる。すなわち、前述した第1の条件においては、モードホップが起きないことになる。これに対し、前述した第2、3の条件においては、式(1)を満たす物理的に存在する解が得られる。すなわち、前述した第2、3の条件においては、モードホップが起きることになる。これらのことは、前述したことに一致している。

【0026】以上説明したように、この実施の形態1では、まず、半導体レーザ101による外部共振器型レーザにおいて、半導体レーザ101と、光ファイバ106

化が起こり、光ファイバ106では波長変化が起こらないので、外部共振器縦モードmの波長 λ_m の変化は、 $\Delta\lambda_m = \Delta\lambda_a$ となる。すなわち、この場合でも、この共振器縦モードmの波長変化 $\Delta\lambda_m$ は、FG110の反射ピーク波長の変化 $\Delta\lambda_{FG}$ に一致しない。

【0023】従って、この場合も、温度変化にともなうて変化した、「FG110の反射ピーク波長 λ_{FG} 」と「外部共振器縦モードmの波長 $\lambda_m + \Delta\lambda_m$ 」とが等しくならない。そして、「FG110の反射ピーク波長 $\lambda_{FG} + \Delta\lambda_{FG}$ 」は、モードが異なる「外部共振器縦モードm-1の波長 $\lambda_{m-1} + \Delta\lambda_m$ 」に等しくなり、異なるモードのレーザ発振となる。この結果、この場合、すなわち前述した第3の条件の場合、温度を変化させることによりモードホップが起こることになる。そして、この場合、図3の「+」で示すように、発振波長はほとんど変化しないなかで、モードホップが起こることになる。このように、第3の条件でも、精密な波長制御ができない。

【0024】ここで、モードホップの温度間隔について示す。波長変化が不連続に起こるモードホップは、温度による発振波長の変化量とFGの反射波長の変化量との差が、レーザの縦モード間隔 $\delta\lambda$ と等しくなったときに起こるとすると、次の(1)式が成り立つ。

および外部共振器を構成するFG110とは、個別に温度制御するようにした。そして、半導体レーザ101の温度は固定した状態で、光ファイバ106およびFG110の温度を変化させれば、レーザ装置の発振波長は、その温度変化に対応して連続的に変化させることができる。この結果、この実施の形態1によれば、たとえ半導体レーザ101自発の発振波長が、製造バラツキなどで所望と値となっていないなくても、レーザ装置の発振波長を、精度良くかつ容易に所望の値とすることができる。

【0027】実施の形態2

以下、この発明の第2の実施の形態について説明する。図5は、この発明の第2の実施の形態におけるレーザ装置の構成を示す構成図である。このレーザ装置は、まず、次に示す部分から構成されたレーザモジュール500を備えている。まず、図5(a)に示すように、InGaAsP/InP系の化合物半導体から各層が構成され、活性層に多重量子井戸構造が用いられた発振波長1.5 μ m帯の半導体レーザ501を備えている。この半導体レーザ501には、スポットサイズ変換器が集積されている（文献：界 義久他著、1995年電子情報通信学会、C-365、「スポットサイズ変換付きLDのPLCとの結合及び動特性」）。そして、この半導体レーザ501は、その一方の端面に反射防止膜502が形成されている。

【0028】この、半導体レーザ501は、図5(b)に模式的に示すように、その断面方向から見た場合、圧縮比が1%程度である厚さ6nmのInGaAsPからなる井戸層と、厚さ10nmのInGaAsPからなるバリア層とが8組重ねられた多重量子井戸構造の活性層501aに引き続いて、スポットサイズ変換器501bを備えるようにしたものである。このスポットサイズ変換器501bは、組成1.1μmのInGaAsPのバルク状態から構成され、活性層501aとの接合部分より、光が射出される反射防止膜502方向に向かって、徐々に膜厚が薄くなるように形成されているものである。このようにすることで、射出光のスポットサイズを拡大して光ファイバのスポットサイズに近づけることができ、結合レンズなしでも低損失で光ファイバにレーザ光を結合させることができる。なお、活性層501aもスポットサイズ変換器501bも、ともに光路長は300μmとした。

【0029】また、図5(a)に示すように、その半導体レーザ501は、サブマウント503を介して温度制御部105上に配置されている。この温度制御部504は、半導体レーザ501を、例えば、室温25℃程度に一定に制御する。この実施の形態2では、温度制御部504をペルチェ素子から構成した。また、レーザモジュール500の反射防止膜502形成面側には、光ファイバ506が、その先端を反射防止膜502形成面方向に向けて配置されている。また、この実施の形態2においても、その先端は斜めに切断されることにより、光が入射する面が、半導体レーザ501方向に垂直とならないようにしている。このようにすることで、半導体レーザ501からの光が、その光ファイバ506端面で反射し、半導体レーザ501に戻らないようにしている。

【0030】また、以上のように構成されたレーザモジュール500に結合された光ファイバ506の先端に、光ファイバ506と同一材料からなるファイバグレーティング(Fiber Grating: FG)510を融着して備えるようにした。これは、前述した実施の形態1と同様であり、ここでも、FG510の反射率は10%とし、その反射する波長の帯域幅は0.1nmとした。なお、FG510の先端には、光ファイバ506aが融着されて延在している。

【0031】そして、この実施の形態2でも、その光ファイバ506からFG510までを、サブマウント511を介して温度制御部512上に配置されているようにした。ここでは、その温度制御部512は、光ファイバ506からFG510までの温度を変化させるように制御する。そして、その温度制御部512の温度制御により、光ファイバ506aに得られるレーザの波長制御を行うようにした。なお、温度制御部512は、ペルチェ素子から構成した。

【0032】この結果、この実施の形態2におけるレーザ装置においても、温度制御部512による光ファイバ506からFG510までの温度制御により、光ファイバ506aに得られるレーザの発振波長を、モードホップのない状態で精密に制御できる。このとき、温度制御部514により、半導体レーザ501は、例えば25℃と、室温程度に一定に制御しておく。この結果、この実施の形態2においても、レーザ装置の発振波長を、精度良くかつ容易に所望の値とすることができる。そして、この実施の形態2では、結合用レンズを省略できるので、前述した実施の形態1より小型化が可能となる。

【0033】

【発明の効果】以上説明したように、この発明では、光導波方向の一端に反射防止膜が形成されて所望とする温度に制御された半導体レーザと、その半導体レーザの反射防止膜形成面側に光入射端面が配置されてその反射防止膜より射出される光に結合して所望とする温度に制御された光ファイバと、その光ファイバの光射出端面に結合して配置されて光ファイバと同一温度に制御された特定の波長のみを選択的に反射するファイバグレーティングとを備え、ファイバグレーティングで外部共振器が構成され、半導体レーザの温度は一定とされた状態で光ファイバおよびファイバグレーティングの温度にともなって変化する任意の波長のレーザ光が出力されるようにした。このように構成したので、半導体レーザの温度を固定して、光ファイバとファイバグレーティングの温度を変化させると、発振するレーザ光は波長をモードホップすることなく連続的に変化する。従って、温度によって、精度良く容易に発振波長を制御できるので、この発明によれば、レーザ装置の発振波長を、より容易に精度良く所望の値とできる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の第1の実施の形態におけるレーザ装置の構成を示す構成図である。

【図2】 図1のレーザ装置の電流-出力特性(a)とスペクトル特性(b)とを示す特性図である。

【図3】 図1のレーザ装置の温度を変化にともなう発振波長の変化の状態を示す特性図である。

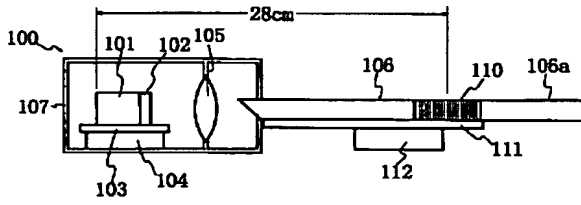
【図4】 半導体レーザ101部分の温度 T_a と光ファイバ106からFG110までの部分の温度 T_f との変化と、それぞれにおける反射スペクトルと共振器縦モードの波長の変化について示す説明図である。

【図5】 この発明の第2の実施の形態におけるレーザ装置の構成を示す構成図である。

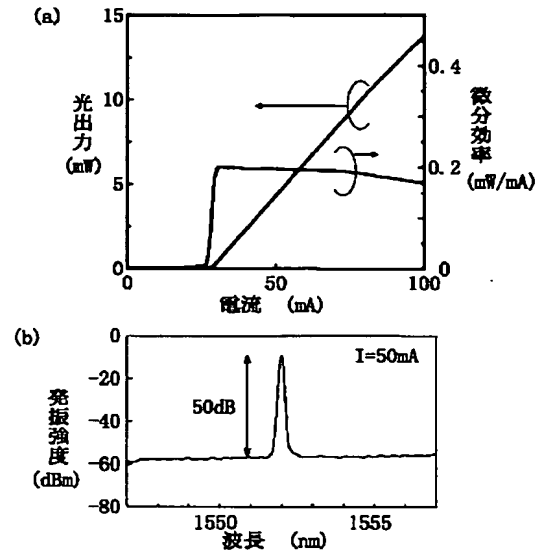
【符号の説明】

101…半導体レーザ、102…反射防止膜、103…サブマウント、104…温度制御部、105…結合用レンズ、106…光ファイバ、106a…光ファイ、110…ファイバグレーティング。

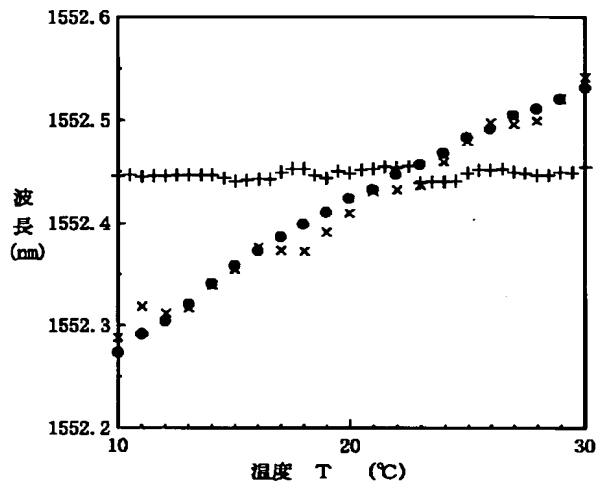
【図1】



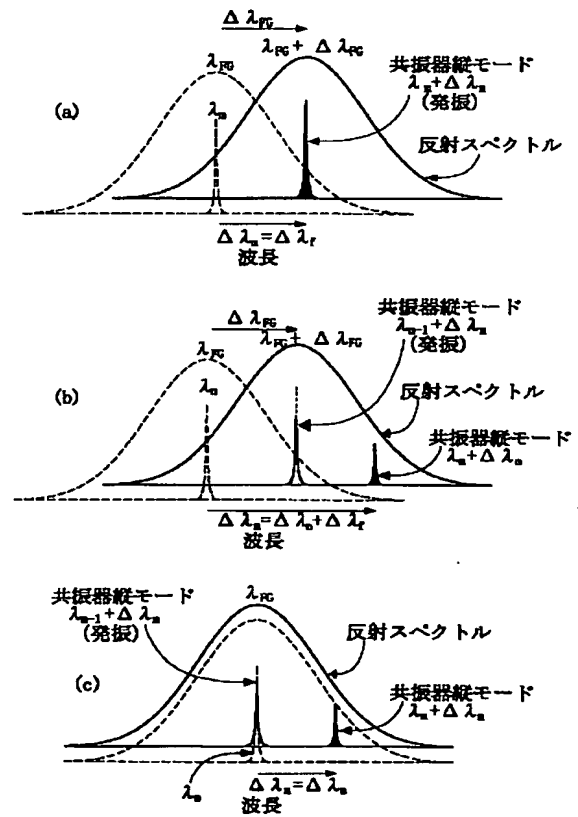
【図2】



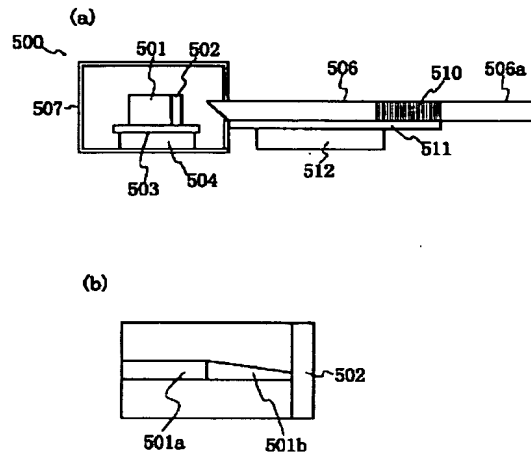
【図3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

(72) 発明者 鈴木 安弘
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内
(72) 発明者 三上 修
神奈川県平塚市北金目1117 学校法人東海
大学内

(72) 発明者 山田 和則
神奈川県平塚市北金目1117 学校法人東海
大学内
Fターム(参考) 2H049 AA06 AA59 AA62
5F073 AA63 AA74 AA83 AB25 AB27
AB28 BA02 BA09 CA12 EA03
EA04 EA16 EA18 FA25